

Синтез системы автоматического управления бестрансформаторным повышающим преобразователем постоянного напряжения

Миронович А.В., Примшиц П.П.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является исследование бестрансформаторного преобразователя постоянного напряжения, а также синтез системы автоматического управления им.

Электрическая схема бестрансформаторного повышающего РПН представлена на рис. 1. В данной схеме энергия накапливается в конденсаторе C . Повышение напряжения на нём достигается за счёт сложения ЭДС источника и ЭДС индукции. Нужное направление протекания токов обеспечивается с помощью ключа $Kл$ и диода Π

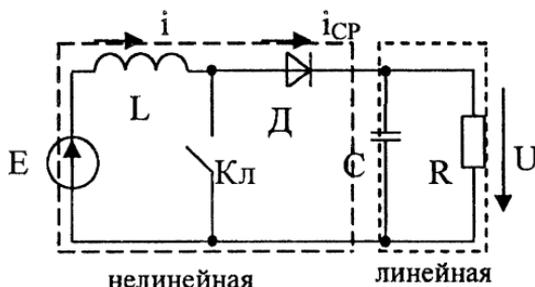


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема РПН

Математическое описание преобразователя представляет определённые трудности из-за наличия элементов, проводящих ток лишь в определённые периоды времени. Воспользуемся методом эквивалентной схемы с инъекцией тока.

Суть метода заключается в разделении схемы на две части: линейную и нелинейную. При этом считается, что нелинейная часть инжектирует в линейную определённый ток. Считая частоту коммутации полупроводникового ключа достаточно высокой (20кГц) произведём усреднение всех величин на протяжении одного периода коммутации. В результате, можно составить дифференциальные уравнения объекта управления, линеаризо-

вать их и исследовать поведение преобразователя при малых низкочастотных изменениях входных сигналов.

Система дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} Lp i = E - U(1 - \gamma) \\ i_{cp} = i(1 - \gamma) \\ U = i_{cp} \cdot \frac{R}{RCp + 1} \end{cases}$$

где E – ЭДС источника питания

γ – скважность открывающих импульсов ключа

Первые два уравнения системы являются нелинейными, так как содержат произведения переменных величин. Воспользуемся способом замены переменных их приращениями относительно точки установившегося режима.

$$\begin{cases} \Delta i L p = \Delta E - \Delta U(1 - \gamma_0) + U_0 \Delta \gamma; \\ \Delta i_{cp} = \Delta i(1 - \gamma_0) - I_0 \Delta \gamma; \\ \Delta U = \Delta i_{cp} \cdot \frac{R}{RCp + 1}. \end{cases} \quad (1)$$

На основании системы (1) составляем линеаризованную структурную схему преобразователя (рис.2). Здесь начальные

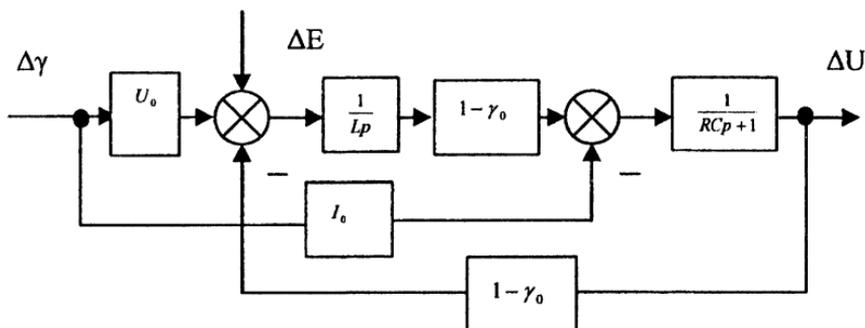


Рис. 2. Линеаризованная структурная схема

значения переменных состояния определяются из уравнений установившегося режима. В дальнейшем будем рассматривать лишь воздействия по входу задания. Наиболее удобным для синтеза САУ преобразователем представляется метод последовательной оптимизации контуров. В данном случае очевидным является выделение двух контуров: тока и напряжения.

Для повышения статической точности используем ПИ-регулятор напряжения. Передаточная функция замкнутого контура напряжения

$$W_H = \frac{U}{U_3} = \frac{(T_d p + 1)(T_2 p + 1)R}{T_1 T_3 R C k_T k_1 p^3 + (T_1 T_3 k_T k_1 + T_3 R C k_T) p^2 + (T_3 k_T + R T_2 k_H) p + k_H R}$$

Приняв распределение корней по Баттерворду, находим постоянные времени регулятора T_2 и T_3 .

В качестве примера рассмотрим синтез САУ повышающим преобразователем для питания компрессора системы кондиционирования воздуха пассажирского вагона. Здесь задача преобразователя – повысить напряжение от 110 В на аккумуляторе до 300 на входе инвертора. Мощность компрессора 10 кВт. Результаты моделирования переходных процессов в линеаризованной и реальной системах с помощью интегрированной системы MATLAB приведены на рис. 4.

Как видно, в целом переходные процессы являются удовлетворительными по основным динамическим показателям качества. Различия в основных показателях переходного процесса обусловлены, прежде всего, теми допущениями, которыми мы пользовались в ходе синтеза системы. Эти различия оказываются тем меньшими, чем меньшим является приращение входной величины по сравнению с установившимися значениями координат системы.

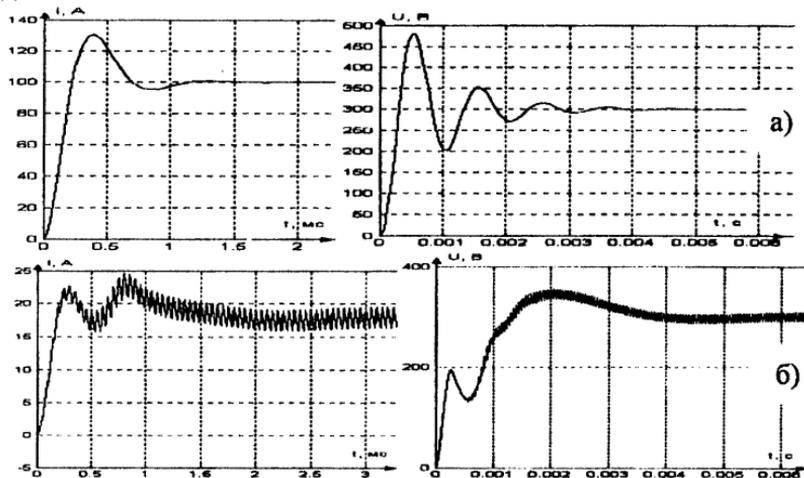


Рис. 4. Переходные процессы в линейной (а) и реальной (б) системах